

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



Rec'd PCT/PTO

23 JUN 2005

REC'D 27 FEB 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 60 735.4

**Anmeldetag:** 23. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Outokumpu Oyj, Espoo/FI

**Bezeichnung:** Verfahren und Anlage zur Wärmebehandlung von  
sulfidischen Erzen

**IPC:** C 22 B 1/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

*Schmidt*

Schmidt C.

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

## VERFAHREN UND ANLAGE ZUR WÄRMEBEHANDLUNG VON SULFIDISCHEN ERZEN

5

### Technisches Gebiet

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von insbesondere sulfidischen Erzen, bei dem feinkörnige Feststoffe in einem ersten Reaktor mit Wirbelschicht bei einer Temperatur von 450 bis etwa 1500° C behandelt werden, sowie eine entsprechende Anlage.

15

Ein derartiges Verfahren und eine Anlage zur Behandlung sulfidischer, goldhaltiger Erze ist bspw. aus der DE 196 09 286 A1 bekannt. Dabei wird das Erz in einer zirkulierenden Wirbelschicht eines Röstreaktors durch ein sauerstoffhaltiges Gas fluidisiert, wobei sich Metallsulfide zu Metalloxiden umwandeln und ein SO<sub>2</sub>-haltiges Abgas entsteht.

Weiter ist es bekannt, sulfidische Erze, wie bspw. Zinkblende, in einem stationären Wirbelschichtofen bei Temperaturen zwischen 500 bis 1100° C unter Zugabe von Luft zu rösten. Bei dieser Röstung von Zinkblende in einem stationären Wirbelschichtofen können bis zu 1000 Tonnen Blende pro Tag verarbeitet werden.

25

Bei der Anwendung einer stationären Wirbelschicht wird die erzielte Energieausnutzung der Wärmebehandlung als verbesserungsbedürftig empfunden. Dies liegt einerseits daran, dass der Stoff- und Wärmeaustausch aufgrund des vergleichsweise geringen Fluidisierungsgrades eher mäßig ist. Außerdem werden bei stationären Wirbelschichten feine Partikel zu schnell aus dem Reaktor ausgetragen, so dass die Verweilzeit in der Anlage für eine vollständige Reaktion nicht ausreichend ist. Dieses Problem stellt sich bei zirkulierenden

30

Wirbelschichten aufgrund des höheren Fluidisierungsgrades verstärkt ein, wobei jedoch bessere Stoff- und Wärmeaustauschbedingungen vorliegen. Da die zur Wärmebehandlung eingesetzten sulfidischen Erze, wie bspw. Golderz, Zinkblende oder -konzentrat, immer feiner werden, z.B. mit einem Korngrößenanteil  
5 unter 45 µm von 75%, ist ein ausreichendes Röstergebnis mit den bekannten Verfahren und Anlagen nur schwer zu erzielen.

Zudem lässt sich bei den bekannten Verfahren und Anlagen die Temperatur in dem Reaktor kaum regeln, wodurch das Röstergebnis weiter verschlechtert wird.  
10

### Beschreibung der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Wärmebehandlung von sulfidischen Erzen zur Verfügung zu stellen, welches effizienter  
15 durchführbar ist und sich insbesondere durch bessere Röstergebnisse bei guten Wärme- und Stoffaustauschbedingungen auszeichnet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch ein vorzugsweise zentral angeordnetes Gaszufuhrrohr (Zentralrohr) in einen Wirbelmischkammerbereich des Reaktors eingeführt wird, wobei das Zentralrohr wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht umgeben wird, und bei dem die Gasgeschwindig-  
25 keiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht derart eingestellt werden, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Zentralrohr zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer zwischen 0,3 und 30 betragen.

Überraschenderweise lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bei der Wärmebehandlung, wie bspw. der Röstung von sulfidischen Erzen, die Vorteile einer stationären Wirbelschicht, wie längere Feststoffverweilzeit, und die einer zirkulierenden Wirbelschicht, wie guter Stoff- und Wärmeaustausch, unter Vermeidung der Nachteile beider Systeme miteinander verbinden. Beim Passieren des oberen Bereichs des Zentralrohrs reißt das erste Gas bzw. Gasgemisch Feststoff aus der ringförmigen stationären Wirbelschicht, welche als Ringwirbelschicht bezeichnet wird, bis in die Wirbelmischkammer mit, wobei sich aufgrund der hohen Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Feststoff und erstem Gas eine intensiv durchmischte Suspension bildet und ein optimaler Wärme- und Stoffaustausch zwischen den beiden Phasen erreicht wird. Durch entsprechende Einstellung des Füllstandes in der Ringwirbelschicht sowie der Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases bzw. Gasgemisches und des Fluidisierungsgases kann die Feststoffbeladung der Suspension oberhalb des Mündungsbereiches des Zentralrohrs in weiten Bereichen variiert werden, so dass der Druckverlust des ersten Gases zwischen dem Mündungsbereich des Zentralrohrs und dem oberen Austritt der Wirbelmischkammer zwischen 1 mbar und 100 mbar liegen kann. Im Falle hoher Feststoffbeladungen der Suspension in der Wirbelmischkammer regnet ein Großteil der Feststoffe aus der Suspension aus und fällt in die Ringwirbelschicht zurück. Auf diese Weise kann auch die Temperatur in der Ringwirbelschicht durch den Anteil an ausregnenden erwärmten Partikeln reguliert werden. Diese Rückführung wird interne Feststoffrezirkulation genannt, wobei der in dieser internen Kreislaufströmung zirkulierende Feststoffstrom normalerweise bedeutend größer als die dem Reaktor von außen zugeführte Feststoffmenge ist. Der (geringere) Anteil an nicht ausfallendem Feststoff wird zusammen mit dem ersten Gas bzw. Gasgemisch aus der Wirbelmischkammer ausgetragen. Die Verweilzeit des Feststoffs in dem Reaktor kann durch die Wahl von Höhe und Querschnittsfläche der Ringwirbelschicht in weiten Grenzen verändert und der angestrebten Wärmebehandlung angepasst werden. Der mit dem Gasstrom aus dem Reaktor ausgetragene Anteil an

Feststoff kann dem Reaktor vollständig oder zumindest teilweise wieder zurückgeführt werden, wobei die Rückführung zweckmäßigerweise in die stationäre Wirbelschicht erfolgt. Der auf diese Weise in die Ringwirbelschicht zurückgeführte Festmassenstrom liegt normalerweise in der gleichen Größenordnung wie der dem Reaktor von außen zugeführte Festmassenstrom. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann somit einerseits eine hohe Feststoffbeladung und gleichzeitig ein besonders guter Stoff- und Wärmeaustausch erzielt werden. Abgesehen von der hervorragenden Energieausnutzung besteht ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Möglichkeit, durch Änderung der Strömungsgeschwindigkeiten des ersten Gases bzw. Gasgemisches und des Fluidisierungsgases die Energieübertragung des Verfahrens und den Stoffdurchsatz schnell, einfach und zuverlässig den Anforderungen anzupassen.

Der Wärmeaustausch kann weiter intensiviert werden, wenn dem Reaktor ein zweiter Reaktor nachgeschaltet ist, in den ein feststoffbeladenes Gasgemisch aus dem ersten Reaktor eingeführt wird. Dies erfolgt vorzugsweise von unten durch ein z.B. zentrales Gaszufuhrrohr in eine Wirbelmischkammer, wobei das Gaszufuhrrohr wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht umgeben wird. Grundsätzlich ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein einzelner Reaktor ausreichend. Durch die Kombination eines Reaktors mit einem zweiten Reaktor ähnlicher Bauart zu einer Reaktorstufe lässt sich die gesamte Verweilzeit der Feststoffe in der Anlage jedoch deutlich erhöhen.

Um einen besonders effektiven Wärmeaustausch in der Wirbelmischkammer und eine ausreichende Verweilzeit in den Reaktoren sicherzustellen, werden die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gasgemisches und des Fluidisierungsgases für das Wirbelbett vorzugsweise derart eingestellt, dass die dimensionslose Partikel-Froude-Zahlen ( $Fr_P$ ) in dem Zentralrohr 1,15 bis 20, insbesondere zwischen 3,95 und 11,6, in der Ringwirbelschicht 0,11 bis 1,15, insbesondere

zwischen 0,11 und 0,52, und/oder in der Wirbelmischkammer 0,37 bis 3,7, insbesondere zwischen 0,53 und 1,32, betragen. Dabei sind die Partikel-Froude-Zahlen jeweils nach der folgenden Gleichung definiert:

5

$$Fr_P = \frac{u}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho_f)}{\rho_f} * d_p * g}}$$

mit

- u = effektive Geschwindigkeit der Gasströmung in m/s  
 10  $\rho_f$  = effektive Dichte des Fluidisierungsgases in kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho_s$  = Dichte eines Feststoffpartikels in kg/m<sup>3</sup>  
 $d_p$  = mittlerer Durchmesser der beim Reaktorbetrieb vorliegenden Partikel des Reaktorinventars (bzw. der sich bildenden Teilchen) in m  
 g = Gravitationskonstante in m/s<sup>2</sup>.

15

Bei der Anwendung dieser Gleichung gilt zu berücksichtigen, dass  $d_p$  nicht den mittleren Durchmesser ( $d_{50}$ ) des eingesetzten Materials bezeichnet, sondern den mittleren Durchmesser des sich während des Betriebs des Reaktors bildenden Reaktorinventars, welcher von dem mittleren Durchmesser des eingesetzten Materials (Primärteilchen) signifikant in beide Richtungen abweichen kann. Auch aus sehr feinkörnigem Material mit einem mittleren Durchmesser von bspw. 3 bis 10 µm können sich bspw. während der Wärmebehandlung Teilchen (Sekundärteilchen) mit einem mittleren Durchmesser von 20 bis 30 µm bilden. Andererseits zerfallen manche Materialien, bspw. Erze, während der Wärmebehandlung.

25

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird vorgeschlagen, den Füllstand an Feststoff in dem Reaktor oder der Reaktorstufe so einzustellen, dass sich die

Ringwirbelschicht um einige Zentimeter über das obere Mündungsende des Zentralrohrs hinaus erstreckt und somit ständig Feststoff in das erste Gas oder Gasgemisch eingetragen und von dem Gasstrom zu der oberhalb des Mündungsbereichs des Zentralrohres befindlichen Wirbelmischkammer mitgeführt wird. Auf diese Weise wird eine besonders hohe Feststoffbeladung der Suspension oberhalb des Mündungsbereiches des Zentralrohres erreicht.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können alle Arten von sulfidischen Erzen, insbesondere auch solche, welche Gold, Zink, Silber, Nickel, Kupfer und/oder Eisen enthalten, effektiv wärmebehandelt werden. Besonders ist das Verfahren zur Röstung von Golderz oder Zinkblende geeignet. Durch den intensiven Stoff- und Wärmeaustausch und die einstellbare Verweilzeit in den Reaktoren lässt sich ein besonders hoher Grad der Umwandlung des Röstguts erreichen.

Die Erzeugung der für den Reaktorbetrieb notwendigen Wärmemenge kann auf jede dem Fachmann zu diesem Zweck bekannte Weise erfolgen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass den Reaktoren sauerstoffhaltiges Gas zur Röstung zugeführt wird, welches bspw. mit einem Sauerstoffgehalt von etwa 20 Vol.-% in die Ringwirbelschichten der Reaktoren eingebracht wird. Bei dem Gas kann es sich um Luft, um mit Sauerstoff angereicherte Luft oder um ein anderes sauerstoffhaltiges Gas handeln. Vorzugsweise wird das sauerstoffhaltige Gas mit einer Temperatur von etwa 25 bis 50° C in den Reaktor bzw. die Reaktoren eingebracht. Der Röstvorgang von sulfidischen Erzen unter Sauerstoffüberschuss zu Metalloxiden ist exotherm, so dass dem Reaktor oder der Reaktorstufe meist keine weitere Wärme zugeführt werden muss.

Die Energieausnutzung lässt sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch weiter verbessern, dass dem ersten und/oder zweiten Reaktor in der

Ringwirbelschicht und/oder in der Wirbelmischkammer Wärme zugeführt oder entzogen wird. So kann bei einer bspw. exothermen Reaktion in dem Reaktor die erzeugte Wärme bspw. zur Dampferzeugung genutzt werden.

- 5 Vorzugsweise ist dem zweiten Reaktor eine Kühleinrichtung nachgeschaltet, um das aus dem Reaktor austretende fettstoffbeladene Gasgemisch auf eine für die Weiterbehandlung geeignete Temperatur von unter 400° C, insbesondere auf etwa 380° C abzukühlen. Auch diese Kühleinrichtung kann bspw. zur Erzeugung von Wasserdampf genutzt werden, wodurch die Energieausnutzung des gesamten Verfahrens weiter verbessert wird.
- 10

- Der Reaktorstufe kann ein Abscheider, bspw. ein Zyklon oder dgl., nachgeschaltet sein. Die von Abgasen getrennten Feststoffe können aus dem Abscheider in die Reaktorstufe, bspw. in die Ringwirbelschicht von einem oder mehreren
- 15 Reaktoren, zurückgeführt oder einer weiteren Kühleinrichtung zugeleitet werden. Die Verweilzeit der Feststoffe in der Reaktorstufe lässt sich auf diese Weise variieren. Darüber hinaus kann die Füllmenge des Feststoffs in einem oder mehreren Reaktoren gezielt den Erfordernissen angepasst werden. Die Füllmenge in der Ringwirbelschicht hat dabei auch Einfluss auf die sich in der Ringwirbelschicht einstellende Temperatur, da bei einer höheren Füllmenge mehr Partikel in die Wirbelmischkammer mitgerissen werden und aus dieser erwärmt ausregnen. Auf diese Weise lässt sich die Temperatur in dem Reaktor durch die aus dem Abscheider zurückgeleitete Feststoffmenge gezielt regeln.

- 25 Dem Abscheider ist vorzugsweise eine Gasreinigungsstufe mit einem Elektroheißgasfilter und/oder einer Nassgasbehandlung nachgeschaltet, in welcher zumindest ein Teil der in dem Abscheider von den Feststoffen getrennten Abgase weiter gereinigt wird. Die gereinigten Abgase können dann bspw. als vorgewärmtes Fluidisierungsgas in die Ringwirbelschicht des ersten und/oder
- 30 zweiten Reaktors zurückgeführt werden. Ein Teil des in dem Abscheider von



den Feststoffen getrennten Abgases kann auch einer Anlage zur Schwefelsäureherstellung zugeführt werden. Die  $\text{SO}_2$ -haltigen Abgase der Reaktorstufe lassen sich auf diese Weise zur Herstellung eines Nebenproduktes nutzen.

- 5 Aus der Ringwirbelschicht des ersten und/oder zweiten Reaktors werden grobkörnige Feststoffe und/oder Abbrand abgezogen und einer weiteren Kühleinrichtung, bspw. einem Wirbelschichtkühler, zugeleitet. Der Austrag der Feststoffe bzw. des Abbrands kann dabei diskontinuierlich erfolgen, wodurch gleichzeitig die Feststoffmenge in der Reaktorstufe reguliert werden kann.

10

Eine erfindungsgemäße Anlage, welche insbesondere zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens geeignet ist, weist einen als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor zur Wärmebehandlung von sulfidischen Erzen auf, wobei der Reaktor ein Gaszuführungssystem aufweist, welches derart ausgebildet ist, dass durch das Gaszuführungssystem strömendes Gas Feststoff aus einer stationären Ringwirbelschicht, die das Gaszuführungssystem wenigstens teilweise umgibt, in die Wirbelmischkammer mitreißt. Vorzugsweise erstreckt sich dieses Gaszuführungssystem bis in die Wirbelmischkammer. Es ist jedoch auch möglich, das Gaszuführungssystem unterhalb der Oberfläche der Ringwirbelschicht enden zu lassen. Das Gas wird dann bspw. über seitliche Öffnungen in die Ringwirbelschicht eingebracht, wobei es aufgrund seiner Strömungsgeschwindigkeit Feststoff aus der Ringwirbelschicht in die Wirbelmischkammer mitreißt.

15

20

25

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das Gaszuführungssystem ein sich vom unteren Bereich des Reaktors aus im Wesentlichen vertikal nach oben erstreckendes Zentralrohr auf, welches wenigstens teilweise ringförmig von einer Kammer umgeben ist, in der die stationäre Ringwirbelschicht ausgebildet ist. Die Ringwirbelschicht muss dabei nicht kreisringförmig gestaltet sein, vielmehr sind auch andere Ausgestaltungen der Ringwirbel-

30

schicht in Abhängigkeit der Geometrie des Zentralrohres und des Reaktors möglich, solange das Zentralrohr wenigstens teilweise von der Ringwirbelschicht umgeben wird.

5 Selbstverständlich können in dem Reaktor auch zwei oder mehr Zentralrohre mit unterschiedlichen oder gleichen Ausmaßen oder Formen vorgesehen sein. Vorzugsweise ist jedoch wenigstens eines der Zentralrohre, bezogen auf die Querschnittsfläche des Reaktors, in etwa mittig angeordnet.

10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Zentralrohr an seiner Mantelfläche Öffnungen, bspw. in Form von Schlitzten, auf, so dass während des Reaktorbetriebs ständig Feststoff über die Öffnungen in das Zentralrohr gelangt und durch das erste Gas oder Gasgemisch von dem Zentralrohr bis in die Wirbelmischkammer mitgeführt wird.

15 Um die Durchsatzmenge der Anlage oder die Feststoffverweilzeit zu erhöhen, können statt eines einzelnen Reaktors auch mehrere Reaktoren, insbesondere zwei, zu einer Reaktorstufe verbunden sein. Die Reaktoren weisen vorzugsweise jeweils eine ringförmige Kammer für eine stationäre Ringwirbelschicht und eine Wirbelmischkammer zur Ausbildung einer zirkulierenden Wirbelschicht auf, wobei das Zentralrohr eines stromabwärts gelegenen Reaktors mit dem Abgasauslass des diesem vorgeschalteten Reaktors verbunden ist.

25 Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist dem Reaktor oder der Reaktorstufe ein Abscheider, insbesondere ein Zyklon, zur Abtrennung von Feststoffen nachgeschaltet. Dieser kann eine zu der Ringwirbelschicht des ersten Reaktors und/oder zu der Ringwirbelschicht eines ggf. nachgeschalteten zweiten Reaktors führende Feststoffleitung aufweisen.

Wenn der Reaktorstufe eine Kühleinrichtung nachgeschaltet ist, lässt sich das aus der Reaktorstufe ausgebrachte feststoffbeladene Gasgemisch vor einer Weiterbehandlung auf die hierzu erforderliche Temperatur abkühlen. Als Kühleinrichtung kann bspw. ein mit Kühlbündeln versehener Abhitzeessel eingesetzt werden, wobei die Kühlbündel gleichzeitig zur Dampferzeugung dienen können.

Weiter kann die zur Wärmebehandlung erforderliche Temperatur in dem ersten und/oder zweiten Reaktor mittels Temperierelementen genau eingestellt werden. Der Reaktor kann hierzu als Naturumlaufkessel mit Kühlelementen und Membranwänden versehen sein.

Um eine zuverlässige Fluidisierung des Feststoffs und die Ausbildung einer stationären Wirbelschicht zu ermöglichen, ist in der ringförmigen Kammer des ersten Reaktors und/oder der weiteren Reaktoren ein Gasverteiler vorgesehen, welcher die Kammer in einen oberen Wirbelbettbereich und eine untere Gasverteilerkammer unterteilt. Die Gasverteilerkammer ist mit einer Zufuhrleitung für Fluidisierungsgas verbunden. Anstelle der Gasverteilerkammer kann auch ein aus Rohren aufgebauter Gasverteiler verwendet werden.

Vorzugsweise ist der Abscheider des Reaktors oder der Reaktorstufe mit einer in die ringförmige Kammer eines Reaktors führenden Zufuhrleitung verbunden, so dass das ggf. vorher weiter gereinigte Abgas als vorgewärmtes Fluidisierungsgas einsetzbar ist.

Alternativ oder zusätzlich hierzu können dem Abscheider des Reaktors oder der Reaktorstufe eine Entstaubungseinrichtung und/oder eine Anlage zur Herstellung von Schwefelsäure nachgeschaltet sein.

In der Ringwirbelschicht und/oder der Wirbelmischkammer des Reaktors können erfindungsgemäß Einrichtungen zum Umlenken der Feststoff- und/oder Fluidströme vorgesehen sein. So ist es bspw. möglich, ein ringförmiges Wehr, dessen Durchmesser zwischen dem des Zentralrohrs und dem der Reaktorwand liegt, derart in der Ringwirbelschicht zu positionieren, dass die Oberkante des Wehrs über das sich im Betrieb einstellende Feststoffniveau ragt, während die Unterkante des Wehrs im Abstand zu dem Gasverteiler oder dgl. angeordnet ist. Feststoffe, die in der Nähe der Reaktorwand aus der Wirbelmischkammer ausregnen, müssen so zunächst das Wehr an dessen Unterkante passieren, bevor sie von der Gasströmung des Zentralrohrs wieder in die Wirbelmischkammer mitgerissen werden können. Auf diese Weise wird ein Feststoffaustausch in der Ringwirbelschicht erzwungen, so dass sich eine gleichmäßigere Verweilzeit des Feststoffs in der Ringwirbelschicht einstellt.

Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

### **Kurzbeschreibung der Zeichnungen**

Die einzige Figur zeigt ein Prozessdiagramm eines Verfahrens und einer Anlage gemäß eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

### **Detaillierte Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform**

Bei dem in der Figur dargestellten Verfahren, welches insbesondere zur Wärmebehandlung von sulfidischen Erzen geeignet ist, wird in einen ersten Reaktor

1 über eine Zufuhrleitung 2 ein Feststoff eingebracht. Der bspw. zylindrische Reaktor 1 weist ein etwa koaxial mit der Längsachse des Reaktors angeordnetes Zentralrohr 3 auf, welches sich vom Boden des Reaktors 1 aus im Wesentlichen vertikal nach oben erstreckt.

5

Im Bereich des Bodens des Reaktors 1 ist eine ringförmige Gasverteilerkammer 4 vorgesehen, die nach oben durch einen Durchtrittsöffnungen aufweisenden Gasverteiler 5 abgeschlossen wird. In die Gasverteilerkammer 4 mündet eine Zufuhrleitung 6. In dem vertikal oberen Bereich des Reaktors 1, der eine Wirbelmischkammer 7 bildet, ist eine Ausbringleitung 8 angeordnet, die in einen zweiten Reaktor 9 mündet.

10

Der zweite Reaktor 9 ist dem ersten Reaktor 1 im Aufbau weitgehend ähnlich. Von dem Boden des Reaktors 9 erstreckt sich im Wesentlichen vertikal nach oben ein Zentralrohr 10, das mit der Ausbringleitung 8 des ersten Reaktors 1 verbunden ist und das in etwa koaxial mit der Längsachse des Reaktors 9 angeordnet ist.

15

Im Bereich des Bodens des Reaktors 9 ist eine ringförmige Gasverteilerkammer 11 vorgesehen, die nach oben durch einen Durchtrittsöffnungen aufweisenden Gasverteiler 12 abgeschlossen wird. In die Gasverteilerkammer 11 mündet eine Zufuhrleitung 13. Eine weitere Zufuhrleitung 14 ist zum Einbringen von Feststoff in den Reaktor 9 während des Anfahrens der Anlage vorgesehen.

20

Oberhalb der Gasverteiler 5 bzw. 12 der beiden Reaktoren sind Temperierelemente 15 und 16 angeordnet, die bspw. von Wasser durchflossen werden. Zusätzlich sind die Wände der Reaktoren 1 und 9 als Membranwände 17 bzw. 18 gestaltet, die mit weiteren, in der Figur nicht dargestellten und bspw. mit Wasser durchströmten Temperierelementen verbunden sind. Die Reaktoren bilden auf diese Weise einen sogenannten Naturumlaufkessel.

25

30

In dem vertikal oberen Bereich des zweiten Reaktors 9, der eine Wirbelmischkammer 19 bildet, ist ein mit Kühlbündeln 20 versehener Abhitzekessel 21 angeordnet. Über eine Leitung 22 steht der Abhitzekessel 21 mit einem als Zyklon 23 ausgebildeten Abscheider in Verbindung. Eine Feststoffleitung 24  
5 leitet die Feststoffe aus einer dem Zyklon 23 nachgeschalteten Schwimmwanne 25 in die Reaktoren 1 oder 9 zurück oder führt die Feststoffe einer weiteren Kühleinrichtung 26 zu. Oberhalb der Gasverteiler 5 bzw. 12 der beiden Reaktoren sind Ausbringleitungen 27 und 28 für grobkörnige Feststoffe und/oder  
10 Abbrand angeordnet, die mit der weiteren Kühleinrichtung 26 verbunden sind. Die Kühleinrichtung 26 ist als ein Wirbelschichtkühler ausgebildet, in welchem der Produktstrom mit Fluidisierungsluft beaufschlagt und durch ein Kühlelement 29 abgekühlt wird.

Über eine Leitung 30 wird das von den Feststoffen abgetrennte Abgas aus dem Zyklon 23 einer Gasreinigungsstufe zugeführt, die einen Elektroheißgasfilter 31 sowie eine Nassgasreinigung 32 aufweist. Das entstaubte Abgas kann entweder einer Anlage 33 zur Herstellung von Schwefelsäure zugeleitet werden und/oder  
15 über Leitung 34 als Fluidisierungsgas über Leitungen 6 bzw. 13 in die Reaktoren 1 bzw. 9 geleitet werden. Dem Fluidisierungsgas kann dabei nach der Reinigung weiteres ggf. auch anderes Gas zugeführt werden.

Im Betrieb der Anlage wird Feststoff über die Zufuhrleitung 2 in den Reaktor 1 eingebracht, so dass sich auf dem Gasverteiler 5 eine das Zentralrohr 3 ringförmig umgebende Schicht ausbildet, die als Ringwirbelschicht 35 bezeichnet  
25 wird. Durch die Zufuhrleitung 6 in die Gasverteilerkammer 4 eingeleitetes Fluidisierungsgas strömt durch den Gasverteiler 5 und fluidisiert die Ringwirbelschicht 35, so dass sich ein stationäres Wirbelbett ausbildet. Die Geschwindigkeit der dem Reaktor 1 zugeführten Gase wird dabei so eingestellt, dass die  
30 Partikel-Froude-Zahl in der Ringwirbelschicht 35 etwa 0,11 bis 0,52 beträgt.

Durch die Zufuhr von weiterem Feststoff in die Ringwirbelschicht 35 steigt das Feststoff-Niveau in dem Reaktor 1 so weit an, dass Feststoff in die Mündung des Zentralrohres 3 gelangt. Gleichzeitig wird auch durch das Zentralrohr 3 ein Gas oder Gasgemisch in den Reaktor 1 eingeleitet. Die Geschwindigkeit des dem Reaktor 1 zugeführten Gases wird vorzugsweise so eingestellt, dass die Partikel-Froude-Zahl in dem Zentralrohr 3 etwa 3,95 bis 11,6 und in der Wirbelmischkammer 7 etwa 0,53 bis 1,32 beträgt. Aufgrund dieser hohen Gasgeschwindigkeiten reißt das durch das Zentralrohr 3 strömende Gas beim Passieren des oberen Mündungsbereichs Feststoff aus der stationären Ringwirbelschicht 35 in die Wirbelmischkammer 7 mit.

Durch die Überhöhung des Niveaus der Ringwirbelschicht 35 gegenüber der Oberkante des Zentralrohres 3 läuft Feststoff über diese Kante in das Zentralrohr 3 über, wodurch sich eine intensiv durchmischte Suspension ausbildet. Die Oberkante des Zentralrohres 3 kann hierbei gerade, gewellt oder gezackt sein oder seitliche Öffnungen aufweisen. Infolge der Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit durch die Expansion des Gasstrahls und/oder durch Auftreffen auf eine der Reaktorwände verlieren die mitgerissenen Feststoffe in der Wirbelmischkammer 7 rasch an Geschwindigkeit und fallen teilweise wieder in die Ringwirbelschicht 35 zurück. Der Anteil an nicht ausfallendem Feststoff wird zusammen mit dem Gasstrom über die Leitung 8 aus dem Reaktor 1 ausgetragen und in den Reaktor 9 geleitet. Dabei stellt sich zwischen den Reaktorbereichen der stationären Ringwirbelschicht 35 und der Wirbelmischkammer 7 eine Feststoffkreislaufströmung ein, durch welche ein guter Wärmeaustausch gewährleistet wird.

Vor der Weiterverarbeitung wird der über die Leitung 8 ausgetragene Feststoff in dem zweiten Reaktor 9 in der oben in Bezug auf Reaktor 1 erläuterten Weise behandelt, so dass sich oberhalb des Gasverteilers 12 in dem Reaktor 9 eben-

falls eine stationäre Wirbelschicht 36 durch aus der Wirbelmischkammer 19 ausregnende Feststoffe ausgebildet. Zudem wird über eine Rückführleitung der in dem Elektroheißgasfilter 31 abgetrennte Staub in die stationäre Ringwirbelschicht 36 des zweiten Reaktors 9 zurückgeleitet. Die Partikel-Froude-Zahlen in dem zweiten Reaktor 9 entsprechen etwa denen des ersten Reaktors 1.

Die Füllmenge des Feststoffs in den Reaktoren 1 und 9 wird neben der Feststoffzufuhr über Leitung 2 einerseits über die Menge des aus dem Zyklon 23 in die Reaktoren zurückgeführten Feststoffs und zudem über die Menge des über Leitungen 27 oder 28 aus den Reaktoren abgezogenen Feststoffs geregelt.

Die dem Zyklon 23 und/oder direkt den Reaktoren 1 und 9 entnommenen Feststoffe werden in dem Wirbelschichtkühler 26 auf eine zur Weiterverarbeitung geeignete Temperatur abgekühlt. Das in dem Zyklon 23 von den Feststoffen getrennte Abgas kann nach einer Reinigung in dem Elektroheißgasfilter 31, und der Nassgasreinigung 32 teilweise den Reaktoren als vorgewärmtes Fluidisierungsgas oder der Schwefelsäureanlage 33 zugeführt werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von zwei den Erfindungsgedanken demonstrierenden, diesen jedoch nicht einschränkenden Beispielen erläutert.

### Beispiel 1 (Röstung von Golderz)

In einer der Figur entsprechenden Anlage wurden dem Reaktor 1, dessen Oberteil einen Durchmesser von 800 mm aufwies, in kontinuierlichem Betrieb 1200 kg/h gemahlenes, getrocknetes und klassiertes Golderz mit einem Goldgehalt von etwa 5 ppm, d.h. 5 g/t, und einer Kornfraktion von maximal 50 µm, enthaltend

1,05 Gew.-% organischer Kohlenstoff



19,3 Gew.-%	$\text{CaCO}_3$
12,44 Gew.-%	$\text{Al}_2\text{O}_3$
2,75 Gew.-%	$\text{FeS}_2$
64,46 Gew.-%	Inertstoffe (z.B. $\text{SiO}_2$ )

5

zugeführt. Ferner wurden in den Reaktor 1 über das Zentralrohr 3 sowie über Leitung 6 als Fluidisierungsgas 2500 Nm<sup>3</sup>/h Luft mit einer Temperatur von 520° C eingeleitet. Die Partikel-Foude-Zahl betrug dabei in dem Zentralrohr 3 zwischen 3,95 und 6,25, in der Wirbelmischkammer 7 zwischen 0,84 und 1,32 und in der Ringwirbelschicht 35 zwischen 0,32 und 0,52.

10

Die Verweilzeit des Golderzes in dem Reaktor 1 betrug zwischen 5 und 10 Minuten, wobei sich eine Temperatur zwischen 600 und 780° C in dem Reaktor einstellte. In dem Abgas wurden 0,5 bis 6,0 Vol.-% Restsauerstoff gemessen. Der Gehalt an organischen Kohlenstoff im Produkt lag nach der Wärmebehandlung unter 0,1%.

15

### Beispiel 2 (Röstung von Zinkblende)

20

In einer der Figur entsprechenden Anlage wurden dem Reaktor 1 aus einem Aufgabebunker mit einem Fassungsvermögen von ca. 200 m<sup>3</sup> über Leitung 2 und eine Dosiereinrichtung 42 t/h Zinkblende mit einer Temperatur von etwa 25° C in die Ringwirbelschicht 35 zugeführt. Gleichzeitig wurden über Leitung 6 der Ringwirbelschicht etwa 16600 Nm<sup>3</sup>/h Luft mit einer Temperatur von 47° C und etwa 1,2 bar Druck, enthaltend

25

77,1 Vol.-%	N
20,4 Vol.-%	O <sub>2</sub>
2,5 Vol.-%	H <sub>2</sub> O

30

eingeleitet. Durch das Zentralrohr 3 wurden dem Reaktor 1 etwa 60200 Nm<sup>3</sup>/h Luft und zusätzlich 3000 Nm<sup>3</sup>/h Kühlerabluft des Wirbelschichtkühlers 26 mit einer Temperatur von 150° C zugeleitet, so dass die Gesamtmenge der dem Zentralrohr 3 zugeleiteten Luft etwa 63200 Nm<sup>3</sup>/h betrug. Die Luft hatte eine Temperatur von 35° C und einen Druck von 1,07 bar und enthielt

77,1 Vol-% N  
20,4 Vol-% O<sub>2</sub>  
2,5 Vol-% H<sub>2</sub>O.

Die Partikel-Foude-Zahl betrug dabei in dem Zentralrohr 3 zwischen 4,4 und 11,6, in der Wirbelmischkammer 7 zwischen 0,53 und 1,15 und in der Ringwirbelschicht 35 zwischen 0,11 und 0,3. Durch die Reaktion der sulfidischen Zinkblende mit dem freien Sauerstoff der Fluidisierungsluft zu Metalloxid stellte sich in dem Reaktor 1 eine Temperatur von 930° C ein. Gleichzeitig wurden dem Reaktor 1 über das Kühlelement 15 sowie die Membranwand 17 etwa 15,4 MW Wärme abgeführt, durch die aus Kühlwasser Sattedampf erzeugt wurde. Die Temperatur im Bereich der Leitung 8 am Ausgang des Reaktors 1 wurde dadurch auf 800° C abgesenkt. Um eine Anreicherung von groben Material in dem Reaktor 1 zu vermeiden, wurden über Leitung 27 als Grobkomablass etwa 0,16 t/h Produkt mit einer Temperatur von 901° C aus der Ringwirbelschicht 35 im diskontinuierlichen Betrieb abgezogen und dem Wirbelschichtkühler 26 zugeleitet.

Über Leitung 8 wurden dem Zentralrohr 10 des zweiten Reaktors 9 ein feststoffbeladenes Gasmisch mit einem Druck von 1,049 bar aus 110,9 t/h Feststoff und etwa 79600 Nm<sup>3</sup>/h Abgas, enthaltend

12,1 Vol-% SO<sub>2</sub>  
77,2 Vol-% N

2,5 Vol-% O<sub>2</sub>  
8,2 Vol-% H<sub>2</sub>O

5 zugeleitet. Weiter wurden dem Reaktor 9 über Leitung 13 zur Fluidisierung etwa 17350 Nm<sup>3</sup>/h Luft mit einer Temperatur von 43° C bei etwa 1,18 bar Druck, enthaltend

77,1 Vol-% N  
20,4 Vol-% O<sub>2</sub>  
2,5 Vol-% H<sub>2</sub>O

10 zugeführt. Im Anfahrbetrieb wurden dem Reaktor 9 gleichzeitig über Leitung 14 5 t/h Feststoff mit einer Temperatur von 25° C aufgegeben. In der Wirbelmischkammer 19 des Reaktors 9 wurde das feststoffbeladene Gasmisch auf 480° C abgekühlt, wobei durch das Kühlelement 16, die Membranwand 18 und den Abhitzekessel 21 insgesamt etwa 23,6 MW Wärme aus dem Reaktor 9 abge-  
15 führt wurde, durch die aus Kühlwasser Sattedampf erzeugt wurde. Das Kühlelement 16 wurde dabei als Dampfüberhitzer mit einer Überhitzungstemperatur von 400° C eingesetzt.

20 Durch Leitung 22 wurden aus dem Reaktor 9 etwa 96200 Nm<sup>3</sup>/h feststoffbeladenes Gasmisch mit einer Temperatur von 380° C und einem Druck von 1,018 bar abgeführt, das mit 213,5 t/h Feststoff beladen war und das folgende Zusammensetzung aufwies:

25 9,4 Vol-% SO<sub>2</sub>  
77,8 Vol-% N  
5,5 Vol-% O<sub>2</sub>  
7,3 Vol-% H<sub>2</sub>O.

In dem Zyklon 23 wurde das Abgas so weit von Feststoffen getrennt, dass über Leitung 30 etwa 96200 Nm<sup>3</sup>/h Luft mit einem Staubgehalt von 50 g/Nm<sup>3</sup> (4,81 t/h Feststoff) dem Elektroheißgasfilter 31 zugeleitet wurden. Dort wurde das Abgas auf einen Staubgehalt von 50 mg/Nm<sup>3</sup> entstaubt und der Nassgasreinigung 32 sowie der nachgeschalteten Schwefelsäureanlage 33 zugeleitet.

Aus dem Zyklon 23 wurden etwa 208 t/h Feststoff mit einer Temperatur von 380° C zunächst der als Pufferbehälter dienenden Schwimmwanne 25 zugeleitet und so aufgeteilt, dass 76,2 t/h in die Ringwirbelschicht 35 des ersten Reaktors 1 etwa 100,9 t/h in die Ringwirbelschicht 36 des zweiten Reaktors 9 und 31 t/h in den Wirbelschichtkühler 26 geleitet wurden.

Die Betthöhe der sich in den beiden Reaktoren 1 und 9 ausbildenden Ringwirbelschichten 35 bzw. 36 konnte auf diese Weise auf etwa 1 m eingestellt werden. In dem Wirbelschichtkühler 26 wurden durch das Kühlelement 29 die Feststoffe auf eine Temperatur von unter 150° C abgekühlt, wobei eine Wärmemenge von etwa 1,7 MW abgeführt wurde. Dadurch wurden aus der Anlage insgesamt etwa 40,8 MW abgeführt die in 55,2 t/h überhitzten Dampf mit einem Druck von 40 bar und einer Temperatur von 400° C umgewandelt wurde.

Das aus dem Wirbelschichtkühler 26 ausgebrachte Produkt wurde mit etwa 4,8 t/h Feststoff mit einer Temperatur von etwa 380° C gemischt, der durch den Elektroheißgasfilter 31 aus dem Abgas des Zyklons 30 abgetrennt wurde. Der insgesamt aus der Anlage ausgetragene Produktstrom betrug damit etwa 36,54 t/h bei einer Temperatur von etwa 182° C.

In der Anlage konnte auf diese Weise auch Zinkblende bzw. ein Zinkblendekonzentrat mit einem Korngrößenanteil unter 45 µm von 75 % so geröstet werden, dass das Endprodukt 0,3 Gew.-% Sulfidschwefel und 1,8 Gew.-% Sulfatschwefel enthält.

**Bezugszeichenliste**

25

5	1	(erster) Reaktor	20	Kühlbündel
	2	(Feststoff-) Zufuhrleitung	21	Abhitzeessel
	3	Zentralrohr (Gaszufuhrrohr) 30	22	Leitung
	4	Gasverteilerkammer	23	Zyklon
	5	Gasverteiler	24	Leitung
10	6	(Gas-) Zufuhrleitung	25	Schwimmwanne
	7	Wirbelmischkammer	26	Wirbelschichtkühler
	8	Leitung 35	27	Leitung
	9	(zweiter) Reaktor	28	Leitung
	10	Zentralrohr (Gaszufuhrrohr)	29	Kühlelement
15	11	Gasverteilerkammer	30	Leitung
	12	Gasverteiler	31	Elektroheißgasfilter
	13	(Gas-) Zufuhrleitung 40	32	Nassgasreiniger
	14	(Feststoff-) Zufuhrleitung	33	Anlage zur Herstellung von Schwefelsäure
	15	Temperierelement		
20	16	Temperierelement	34	Leitung
	17	Membranwand	35	Ringwirbelschicht
	18	Membranwand 45	36	Ringwirbelschicht
	19	Wirbelmischkammer		

## Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Wärmebehandlung von insbesondere sulfidischen Erzen, bei dem Feststoffe in einem Reaktor (1) mit Wirbelbett bei einer Temperatur von 450 bis etwa 1500° C behandelt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein  
10 erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch ein vorzugsweise zentrales Gaszufuhrrohr (3) in eine Wirbelmischkammer (7) des Reaktors (1) eingeführt wird, wobei das Gaszufuhrrohr (3) wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht (35) umgeben wird, und dass die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht (35) derart eingestellt werden, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Gaszufuhrrohr (3) zwischen 1  
15 und 100, in der Ringwirbelschicht (35) zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer (7) zwischen 0,3 und 30 betragen.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (1) ein zweiter Reaktor (9) nachgeschaltet ist, in den ein feststoffbeladenes Gasgemisch aus dem ersten Reaktor (1) von unten durch ein vorzugsweise zentrales Gaszufuhrrohr (10) in eine Wirbelmischkammer (19) eingeführt wird, wobei das Gaszufuhrrohr (10) wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht (36) umgeben wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in dem Gaszufuhrrohr (3, 10) zwischen 1,15 und 20, insbesondere zwischen 3,95 und 11,6, beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in der Ringwirbelschicht (35, 36) zwischen 0,11 und 1,15, insbesondere zwischen 0,11 und 0,52, beträgt.

5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in der Wirbelmischkammer (7, 19) zwischen 0,37 und 3,7, insbesondere zwischen 0,53 und 1,32, beträgt.

10 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Füllstand an Feststoff in jedem Reaktor (1, 9) so eingestellt wird, dass sich die Ringwirbelschicht (35, 36) über das obere Mündungsende des Gaszufuhrrohrs (3, 10) hinaus erstreckt und dass ständig Feststoff in das erste Gas oder Gasgemisch eingetragen und von dem Gasstrom zu der oberhalb des Mündungsbereichs des Gaszufuhrrohrs (3, 10) befindlichen Wirbelmischkammer (7, 19) mitgeführt wird.

15 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Ausgangsmaterial ein sulfidisches Erz, das Gold, Zink, Silber, Kupfer, Nickel und/oder Eisen enthält, eingesetzt wird.

20 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einem Reaktor (1, 9) sauerstoffhaltigen Gas, z.B. Luft mit einem Sauerstoffgehalt von etwa 20 Vol.-% durch das Gaszufuhrrohr (3, 10) und/oder in die Ringwirbelschicht (35, 36) zugeführt wird.

25 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einem Reaktor (1, 9) in der Ringwirbelschicht (35, 36) und/oder in der Wirbelmischkammer (7, 19) Wärme zugeführt oder entzogen wird.

30

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einem Reaktor (1, 9) eine Kühleinrichtung (20, 21) nachgeschaltet ist, in welcher ein feststoffbeladenes Gasgemisch aus dem Reaktor (1, 9) auf eine Temperatur von unter 400° C, insbesondere auf etwa 380° C, abgekühlt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einem Reaktor (1, 9) ein Abscheider, bspw. ein Zyklon (23), nachgeschaltet ist, aus dem von Abgasen getrennte Feststoffe dem ersten und/oder zweiten Reaktor (1, 9) oder einer weiteren Kühleinrichtung (26) zugeführt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil der in dem Abscheider (23) von den Feststoffen getrennten Abgase insbesondere nach Behandlung in einer nachgeschalteten Gasreinigungsstufe, wie einem Elektroheißgasfilter (31) und/oder einer Nassgasbehandlung (32), dem ersten und/oder dem zweiten Reaktor (1, 9) als Fluidisierungsgas zugeführt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil der in dem Abscheider (23) von den Feststoffen getrennten Abgase einer Anlage (33) zur Herstellung von Schwefelsäure zugeführt werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus der Ringwirbelschicht (35, 36) des ersten und/oder zweiten Reaktors (1, 9) grobkörnige Feststoffe und/oder Abbrand insbesondere diskontinuierlich abgezogen und einer weiteren Kühleinrichtung (26) zugeleitet werden.



15. Anlage zur Wärmebehandlung von insbesondere sulfidischen Erzen, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit einem als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor (1) ein Gaszuführungssystem aufweist, welches derart ausgebildet ist, dass durch das Gaszuführungssystem strömendes Gas Feststoff aus einer stationären Ringwirbelschicht (35), die das Gaszuführungssystem wenigstens teilweise umgibt, in die Wirbelmischkammer (7) mitreißt.

16. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszuführungssystem wenigstens ein sich vom unteren Bereich des Reaktors (1) aus im Wesentlichen vertikal nach oben bis in eine Wirbelmischkammer (7) des Reaktors (1) erstreckendes Gaszufuhrrohr (3) aufweist, wobei das Gaszufuhrrohr (3) wenigstens teilweise von einer ringförmigen Kammer, in der die stationäre Ringwirbelschicht (35) ausgebildet ist, umgeben ist.

17. Anlage nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (1) ein zweiter Reaktor (9) nachgeschaltet ist, der ein Gaszufuhrrohr (10) aufweist, welches mit einer am oberen Ende des ersten Reaktors (1) vorgesehenen Ausbringleitung (8) für feststoffbeladene Gasgemische verbunden und derart ausgebildet ist, dass durch das Gaszufuhrrohr (10) strömendes Gas Feststoff aus einer stationären Ringwirbelschicht (36), die das Gaszufuhrrohr (10) wenigstens teilweise umgibt, in die Wirbelmischkammer (19) mitreißt.

18. Anlage nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszufuhrrohr (3, 10), bezogen auf die Querschnittsfläche des Reaktors (1), in etwa mittig angeordnet ist.

19. Anlage nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem zweiten Reaktor (9) ein Feststoffabscheider, insbesondere ein Zyklon (23), zur Abtren-

nung von Feststoffen nachgeschaltet ist, und dass der Feststoffabscheider eine zu der Ringwirbelschicht (35, 36) des ersten und/ oder zweiten Reaktors (1, 9) führende Feststoffleitung (24) aufweist.

5 20. Anlage nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem zweiten Reaktor (9) eine Kühleinrichtung, insbesondere ein mit Kühlbündeln (20) versehener Abhitzekeessel (21), nachgeschaltet ist.

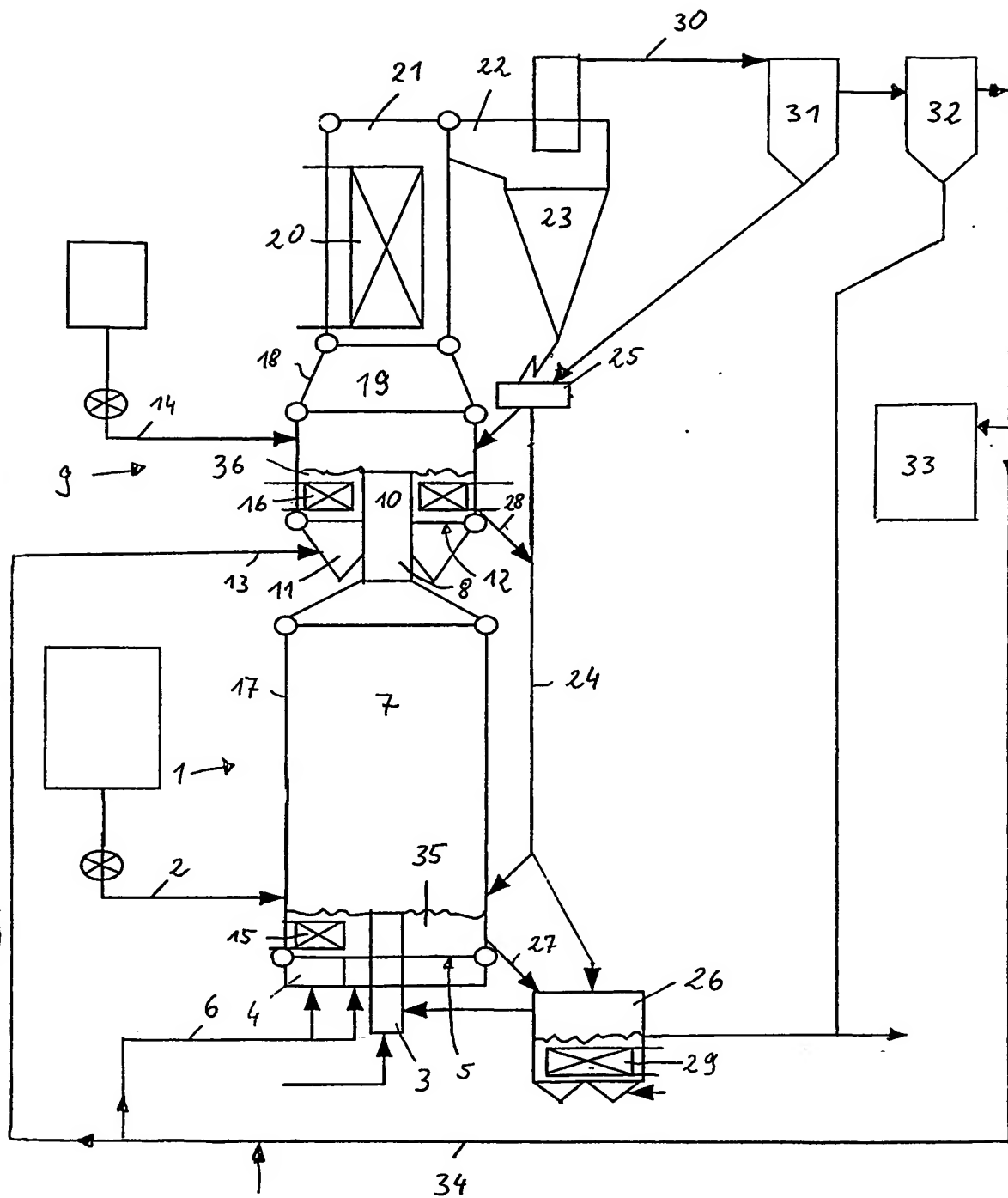
10 21. Anlage nach einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem ersten und/oder zweiten Reaktor (1, 9) Temperierelemente (15, 16), insbesondere ein Naturumlaufkessel mit Kühlelementen und Membranwänden (17, 18), vorgesehen sind.

15 22. Anlage nach einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem ersten und/oder zweiten Reaktor (1, 9) ein Gasverteiler (5, 12) vorgesehen ist, welcher die ringförmige Kammer in einen oberen Wirbelbettbereich und eine untere Gasverteilerkammer (4, 11) unterteilt, und dass die Gasverteilerkammer (4, 12) mit einer Zufuhrleitung (6, 13) für Fluidisierungsgas verbunden ist.

20 23. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und/oder zweite Reaktor (1, 9) eine zu der ringförmigen Kammer führende Zufuhrleitung aufweist, die mit einer Abgasleitung des dem zweiten Reaktor (9) nachgeschalteten Abscheiders (23) verbunden ist.

25

24. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Abscheider (23) eine Entstaubungseinrichtung (31, 32) und/oder eine Anlage (33) zur Herstellung von Schwefelsäure nachgeschaltet ist.



Outokumpu Oyj  
Riihitontuntie 7

02200 Espoo  
Finnland

Zusammenfassung:

**Verfahren und Anlage zur Wärmebehandlung von sulfidischen Erzen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Wärmebehandlung von sulfidischen Erzen, bei dem Feststoffe in einem Reaktor (1) mit Wirbelbett auf eine Temperatur von etwa 450 bis 1500° C erhitzt werden. Um die Energieausnutzung zu verbessern, wird vorgeschlagen, ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch ein Gaszufuhrrohr (3) in eine Wirbelmischkammer (7) des Reaktors (1) einzuführen, wobei das Gaszufuhrrohr (3) wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht (35) umgeben wird. Die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht (35) werden derart eingestellt, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Gaszufuhrrohr (3) zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht (35) zwischen 0,02 und 2 und in der Wirbelmischkammer (7) zwischen 0,3 und 30 betragen. (Fig.)